



真空プロセスの品質を知る“はかる”技術！

株式会社堀場工ステック

2024年9月19日

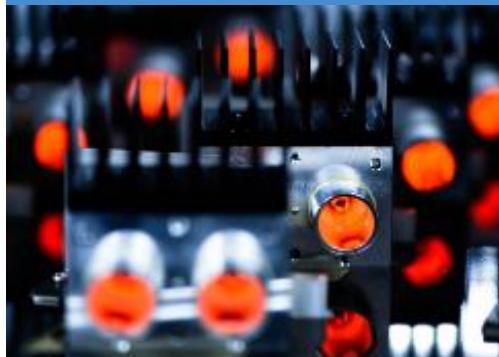
-
- 会社紹介
 - "圧力" をはかる <隔膜真空計/四重極形質量分析計>
 - "発光" をはかる <プラズマ発光モニタ/プラズマエミッションコントローラ>
 - "濃度" をはかる <NDIR方式ガスモニタ>
 - "温度" をはかる <放射温度計>
 - 全体まとめ

HORIBAのコア技術、産業への応用

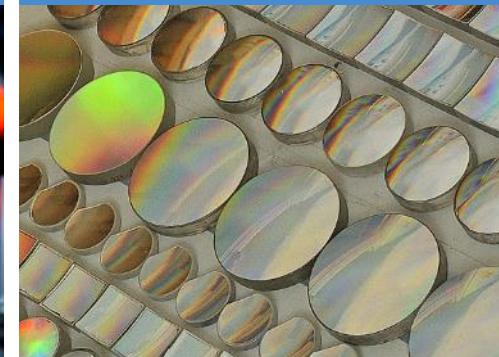
ガス分析
流体制御技術



赤外線計測



分光分析
IR ~ X線



粒子計測



電気化学分析



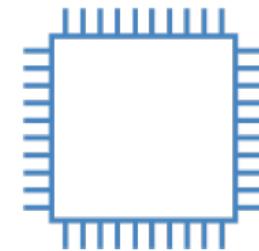
特定の分析、計測技術に絞り込んで開発資源を投入し、そのコア技術を応用展開して、市場が異なる5つの事業部門の製品開発を効率的に行っていきます。



Academia & Research



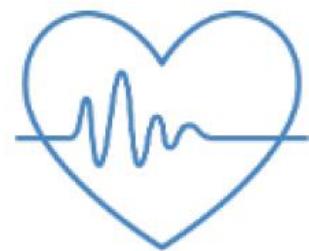
Mobility



Semiconductor



Environment



Healthcare

HORIBAグループ 5つの事業部門

HORIBAの“はかる”技術、分析・計測ソリューションを5つの事業に展開

自動車

エンジン排ガス測定装置
エンジンテストシステム



環境・プロセス

煙道排ガス分析装置
水質計測装置



医用

血球計数装置
免疫測定装置



半導体

マスフローコントローラ
薬液濃度モニタ



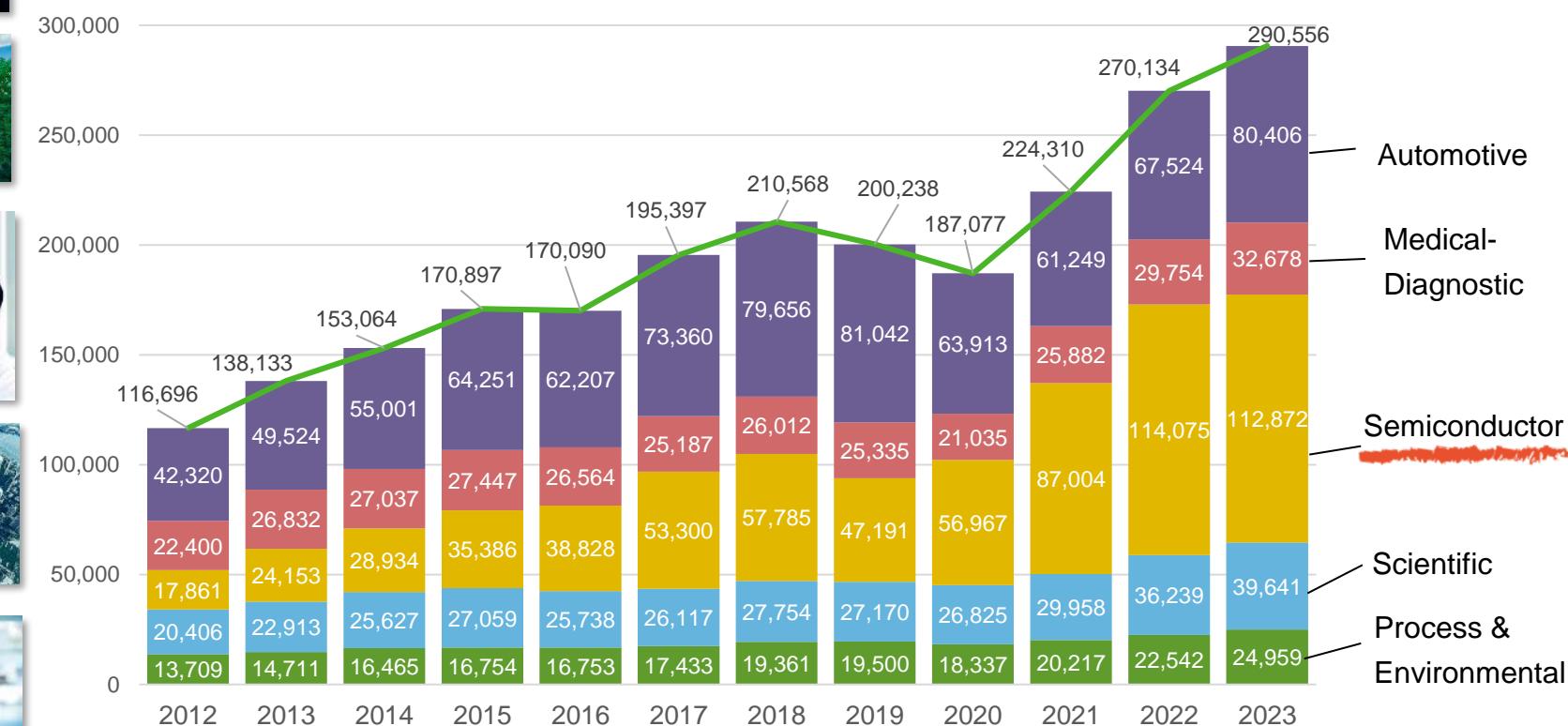
科学

粒子分布、蛍光X線、ラマン分光分析



Millions of yen

事業セグメント毎の売上推移



会社概要

- 本社
- 設立
- 資本金
- 売上高
- 従業員数
- 代表取締役会長
- 代表取締役社長
- 社是

京都市南区上鳥羽鋒立町
昭和49年（1974年）1月19日
14億7,800万円
830億円（2023年12月期）
794名（2024年4月現在）
堀場 厚
堀場 弹
おもしろおかしく（Joy & Fun）



代表取締役社長
堀場 弹

堀場工ステックの創業

1970年代 日本
公害問題の深刻化



通産省

現 経済産業省

改善を目的に公害計測
関連会社へ計測機器の
普及と日本国内の計測
標準の確立を打診

堀場製作所の固有技術
「毛細管式流量比混合
法」が日本の国家標準
として認められた。

堀場雅夫が
公共性事業
という事で同業者
に呼びかけ

1974年1月19日 設立

資本金 1億2千万円

公害計測器検定用標準ガス発生装置SGGS開発事業に参画

堀場製作所
島津製作所
東芝ベックマン
高千穂化学工業
電気化学計器



設立時の役員



完成した標準ガス発生装置

堀場工ステック 製品群

流体計測・制御技術

- ・マスフローモジュール／コントローラ
- ・液体マスフローコントローラ



真空計測・質量分析技術

- ・プロセスガスモニタ
- ・キヤパシタンスマノメータ
- ・プラズマエミッションコントローラ



標準物質校正技術

- ・標準物質校正システム



ガス発生・混合技術

- ・標準ガス分割器
- ・水素発生機
- ・ガス混合装置



圧力制御技術

- ・オートプレッシャーレギュレータ
- ・排気圧コントローラ
- ・ウェハ裏面圧力制御システム



ガス濃度計測技術

- ・ガス濃度モニタ
- ・ガスモニタ

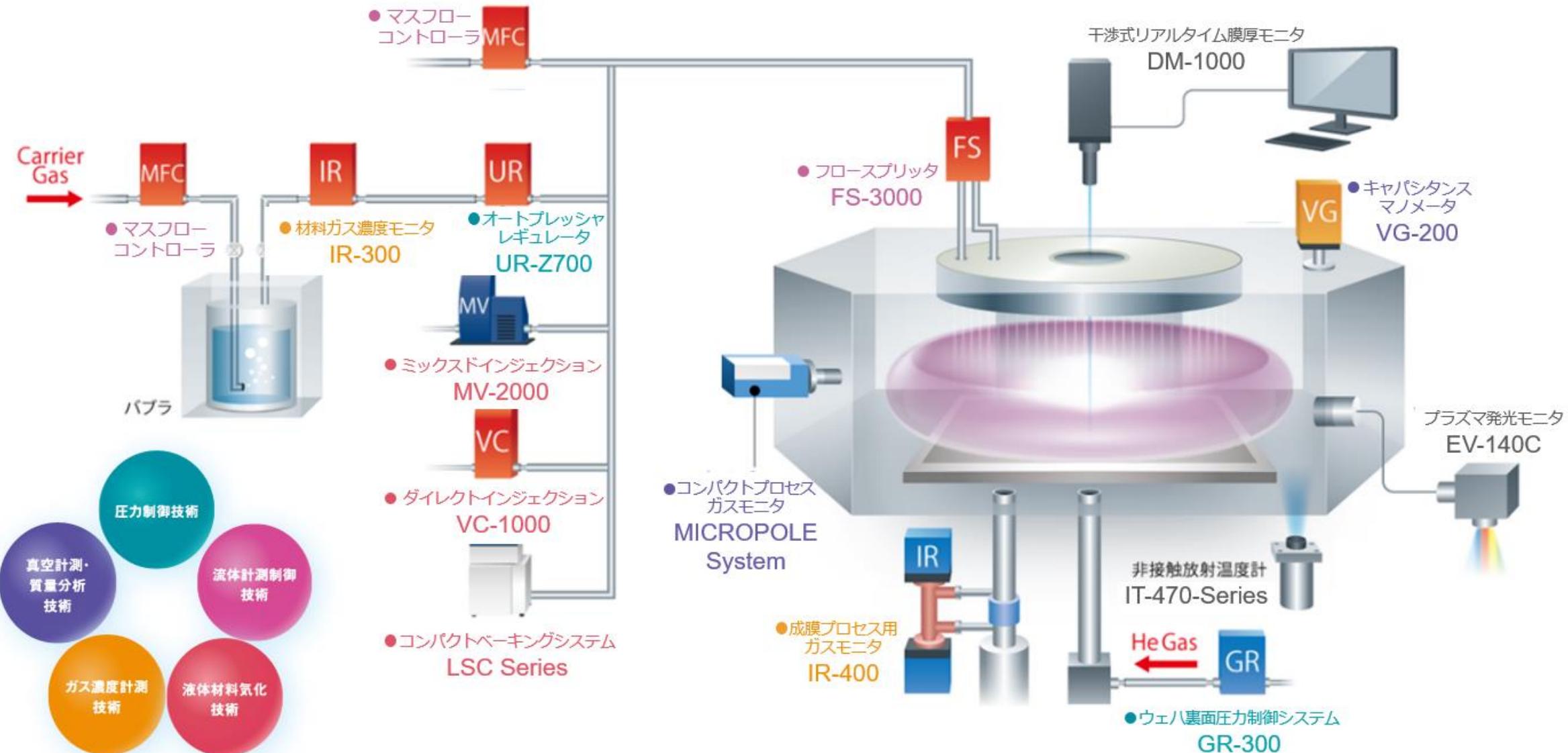


液体材料気化技術

- ・液体材料気化システム
(直接気化、混合気化、ベーキング)
- ・液体材料供給システム



各機器の使用イメージ <真空プロセスチャンバー周辺>



“圧力”をはかる

～隔膜式真空計、コンパクトプロセスガスモニタ～



※QMS=Quadrupole mass spectrometer
※RGA=Residual gas analyzer

全圧と分圧

1. 全圧とは？

一般的に用いられる圧力と同義であり、気体分子が単位面積あたりに加える力のことです。（プロセス内の到達真空度はこれにあたる。）

2. 分圧とは？

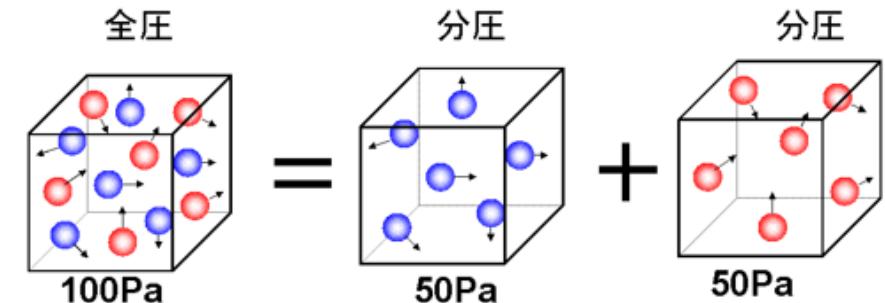
混合気体において全圧をそのガスの存在比で割り振ったものです。

N₂ : O₂ = 50 : 50の混合気体の全圧が100Paであれば、N₂の分圧は50Pa、O₂の分圧は50Paとなります。

四重極質量分析計では全圧・分圧ともに測定可能です。



四重極質量分析計でも全圧は検知可能
ただし正確な値を知るために機器の使い分けが必要
四重極質量分析計と隔膜真空計は共存可能



分圧を測定するメリット



真空の品質を知るためには全圧（到達真密度）の把握だけではなく
分圧を知るために定性分析手法を活用する必要がある

真空の“品質”を知る

プロセス内部の
リーク管理

膜質を
劣化させる
要因となる
不純物の有無

到達真空の
妨げになる
残留水分の管理

《全圧（到達真空）の管理に使用できる機器》

隔膜式真空計、ピラニー真空計、イオングージ...etc

役割としては上記機器も重要！閾値管理のために装置の根幹を担う

コンパクトプロセスガスモニタの測定データの活用

全圧：全体のガスの圧力（量） Ex.)「全圧0.1Paのうち、0.07Paが水で、残り0.03Paが大気成分」

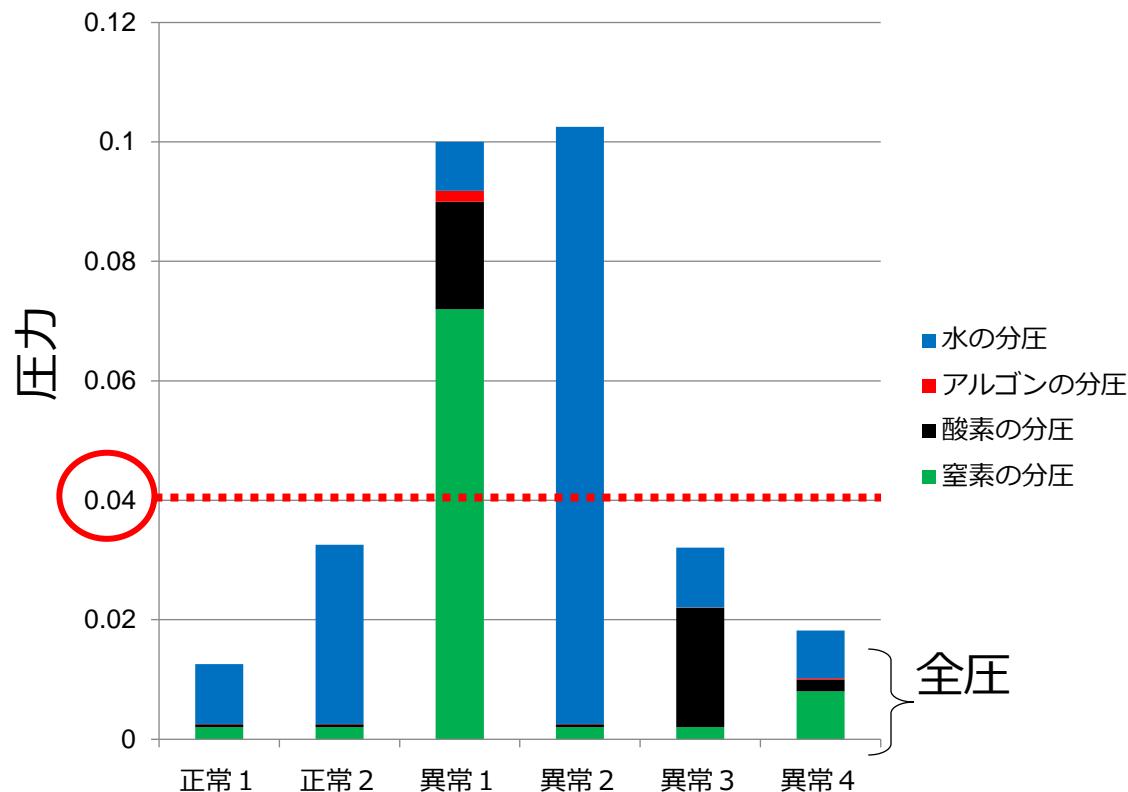
分圧：構成ガスの圧力（量） ※理論的には、全てのガス分圧の和が全圧



分圧の理解は課題の原因究明に繋がる

データと解析のイメージ

真空引き後、全圧0.04Pa以下でプロセス開始ができると仮定



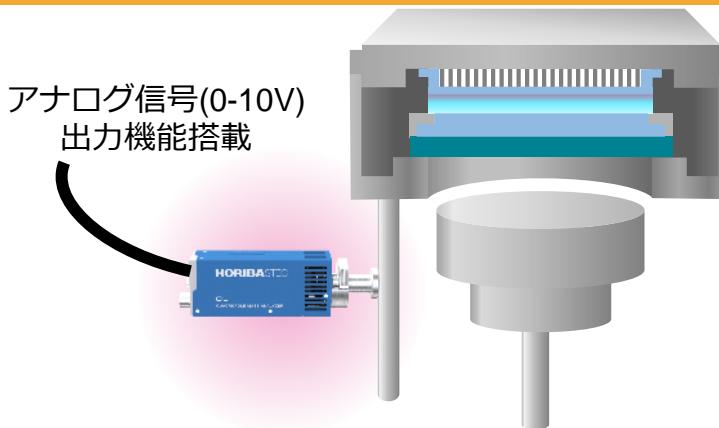
状態	事象	分圧から分かること
異常1	真空が十分に引けず、プロセスが開始できない	窒素・酸素の分圧が正常時に比べて大きいことから、 大気リーケ が疑われる。
異常2	真空が十分に引けず、プロセスが開始できない	水の分圧が正常時に比べて大きいことから、 残留水分 が多く存在している。
異常3	プロセスの開始はできるが、不良品を生産してしまう	酸素の分圧が異様に大きいことから、 酸素ガスが出流れ している可能性が疑われる。
異常4	プロセスの開始はできるが、不良品を生産してしまう	窒素・酸素の分圧が正常時に比べて大きいことから、 大気リーケ が疑われる。
正常1,2	正常な製品を生産できる	天候や、チャンバを大気にさらしていた時間で、残留水分量はばらつくが、この程度では製品品質には影響しない

コンパクトプロセスガスモニタについて



QL-SG02シリーズ

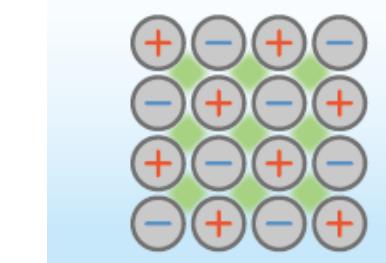
装置と連動させることで
独立したチャンバーモニターとして検討可能



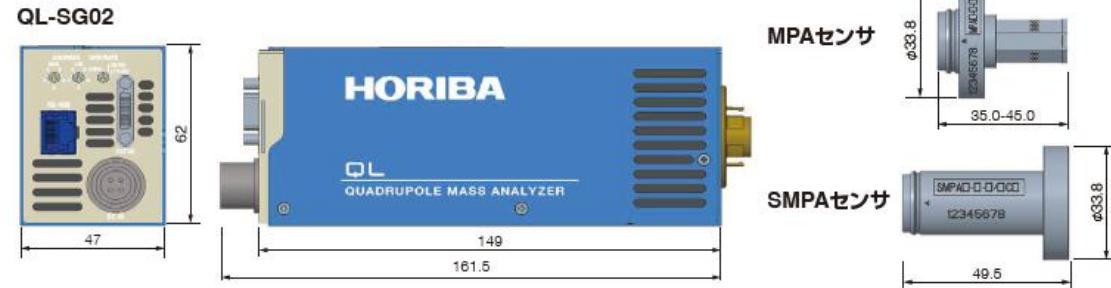
・堀場エステックの特長

- 世界最小クラスの四重極形質量分析計 *2024年9月 当社調べ
- センサーと制御部が分離型なので、
使用現場でのセンサー交換が容易（メンテナンス性に優れる）
- 質量分析計にとって比較的高い圧力域での直接取付・測定が可能
- 測定雰囲気により $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Ir}$ 、3%Re/W フィラメントを選択可能
- 選択した4つの m/z の分圧値をアナログ信号で出力可能(0-10V)
- スキヤンスピード : 0.4sec/scan for 1 gass(従来製品比2倍)

16本のロッドで構成された
四重極アレイ構造

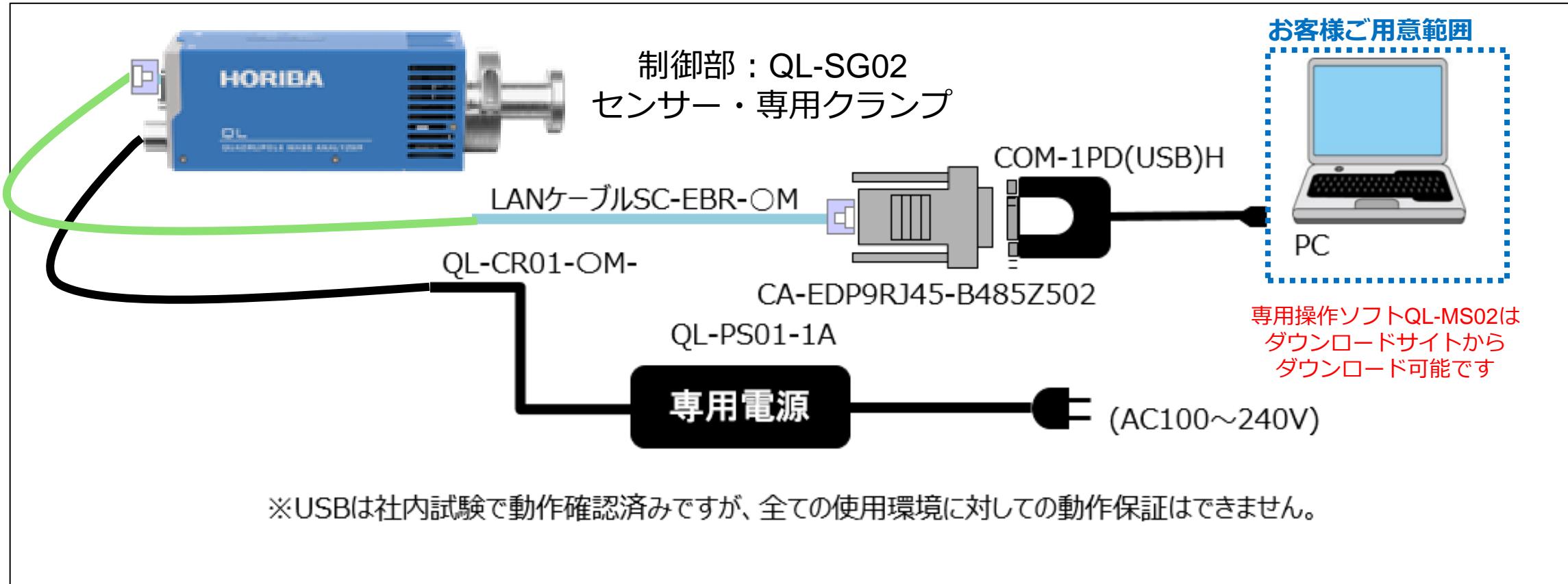


■ 外形寸法 (mm)



短電極長 & 16本の電極構造で高圧対応しつつ感度の低下も防止

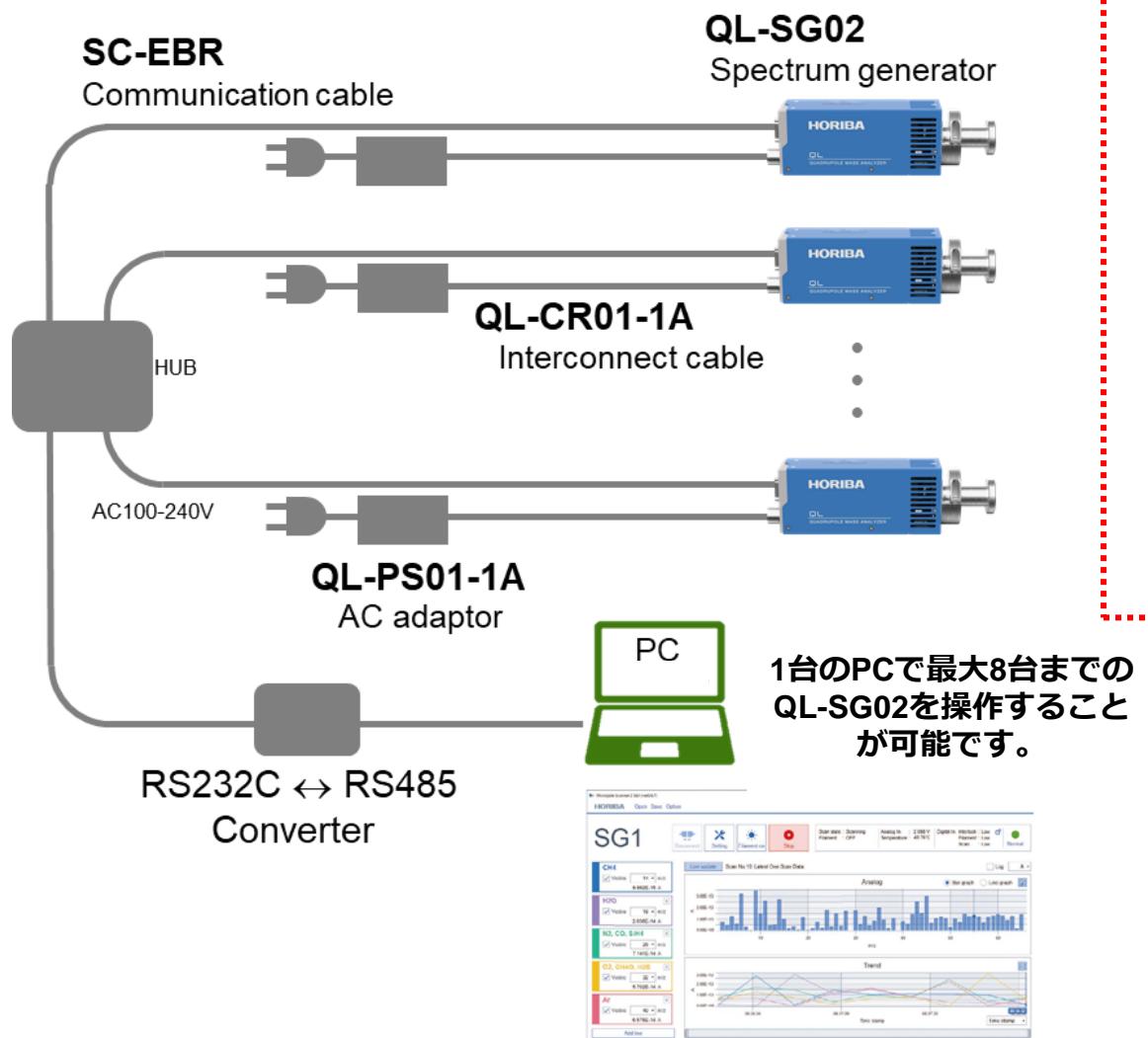
お客様への基本的な納入時の組み合わせ（PC操作）



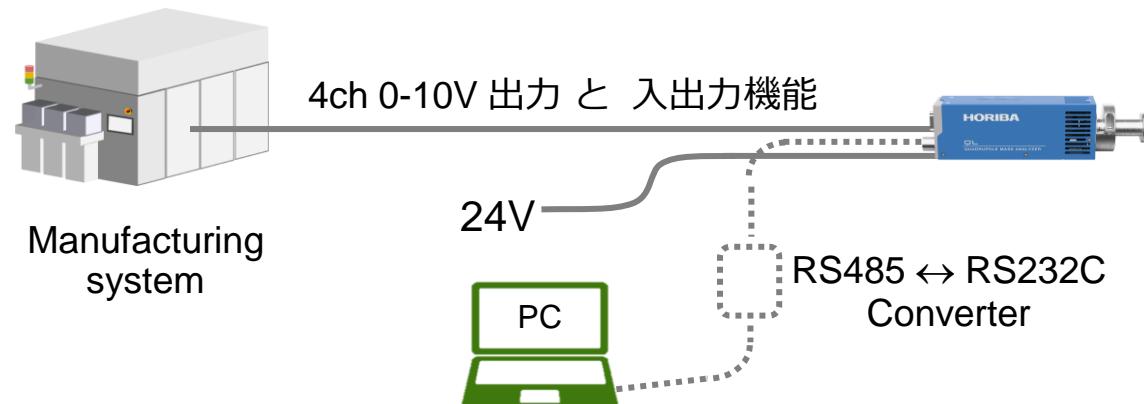
制御部とPCを接続することで専用操作ソフトウェアで簡単に操作可能
装置とのシリアル通信（デジタル信号）もしくは各種接点入出力で連動させながらの
操作をご希望される場合は別途お打合せが必要になります

その他の機器接続方法

□ ソフトを用いたシリアル通信



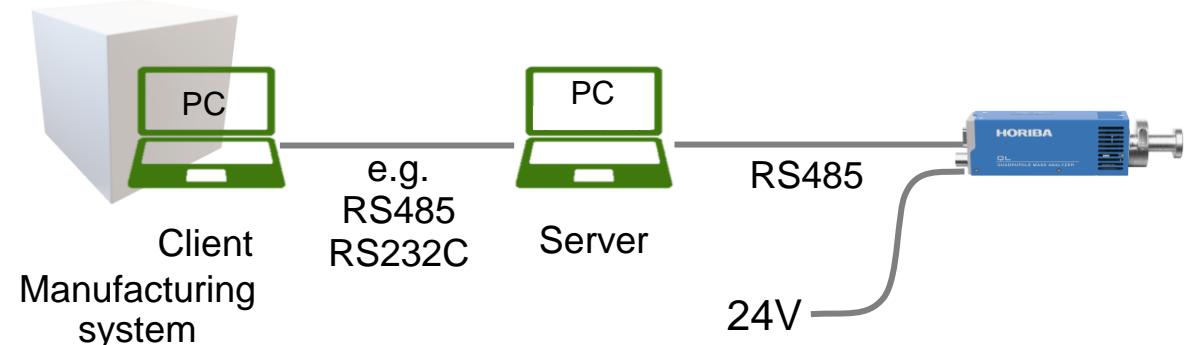
□ 外部入出力機能によるPCレススキャンオペレーション



センサーを交換する場合はPCを接続し、パラメータを設定する必要があります。

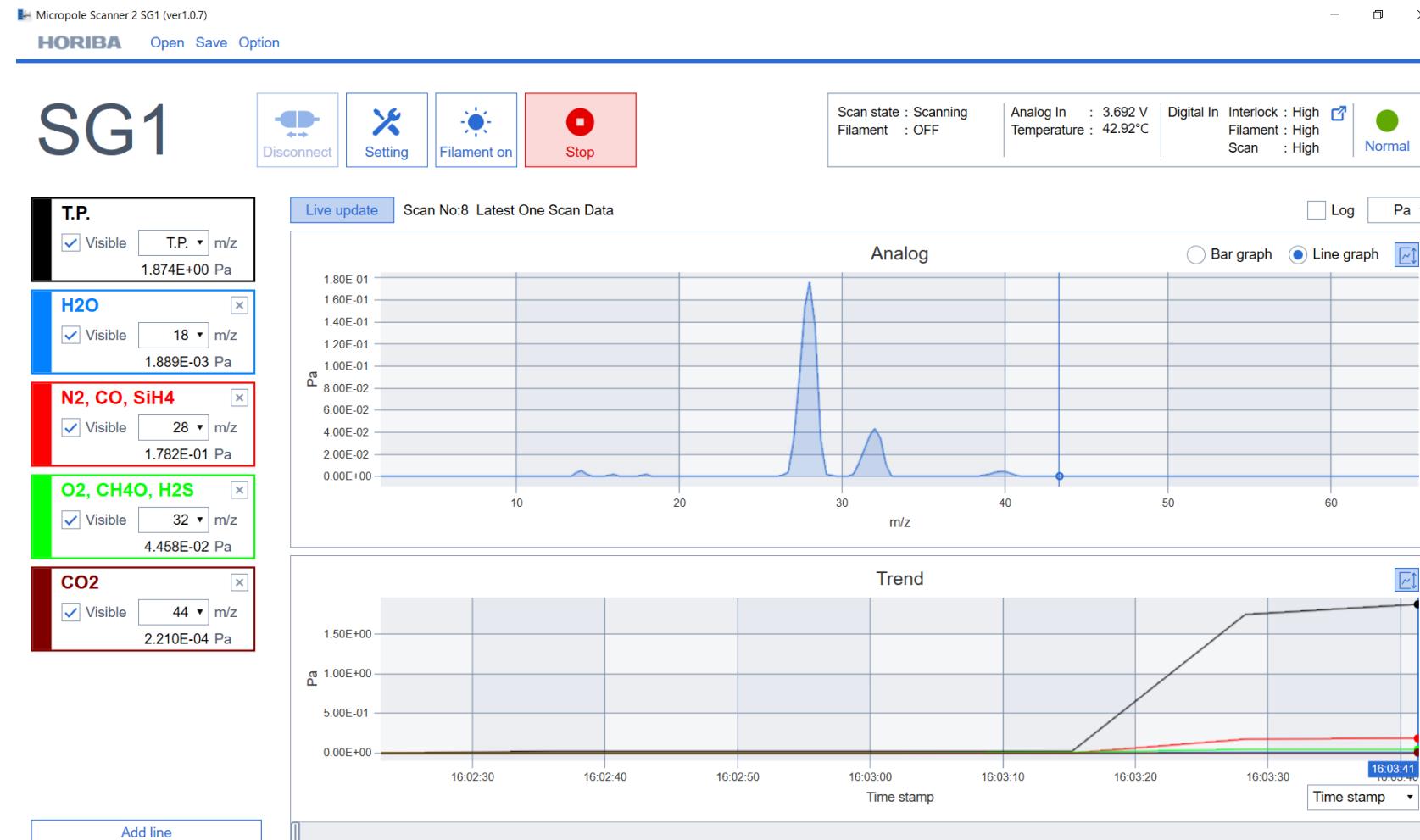
※赤点線囲い部分はQL-SG01では対応できませんでした

□ 上位とのシリアル通信



センサーを交換する場合は、PCと接続し、パラメータを設定する必要があります。

コンパクトプロセスガスモニタ 操作ソフト画面



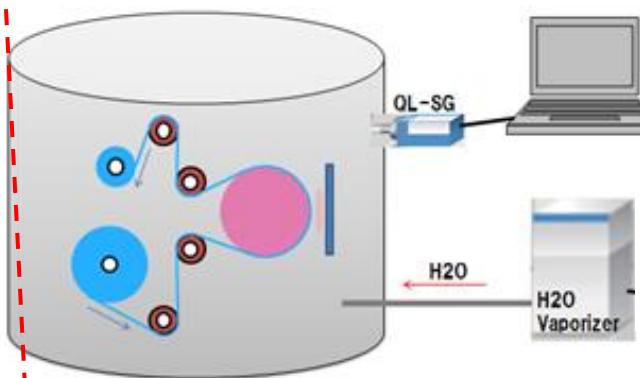
誰にでも直感的な操作が行って頂ける分かり易い操作ソフトになっています

アプリケーション事例：PVDチャンバーのモニタリング

メンテナンス後の残留ガス計測、 H_2O 涸れ確認、リーク等の異常監視に最適

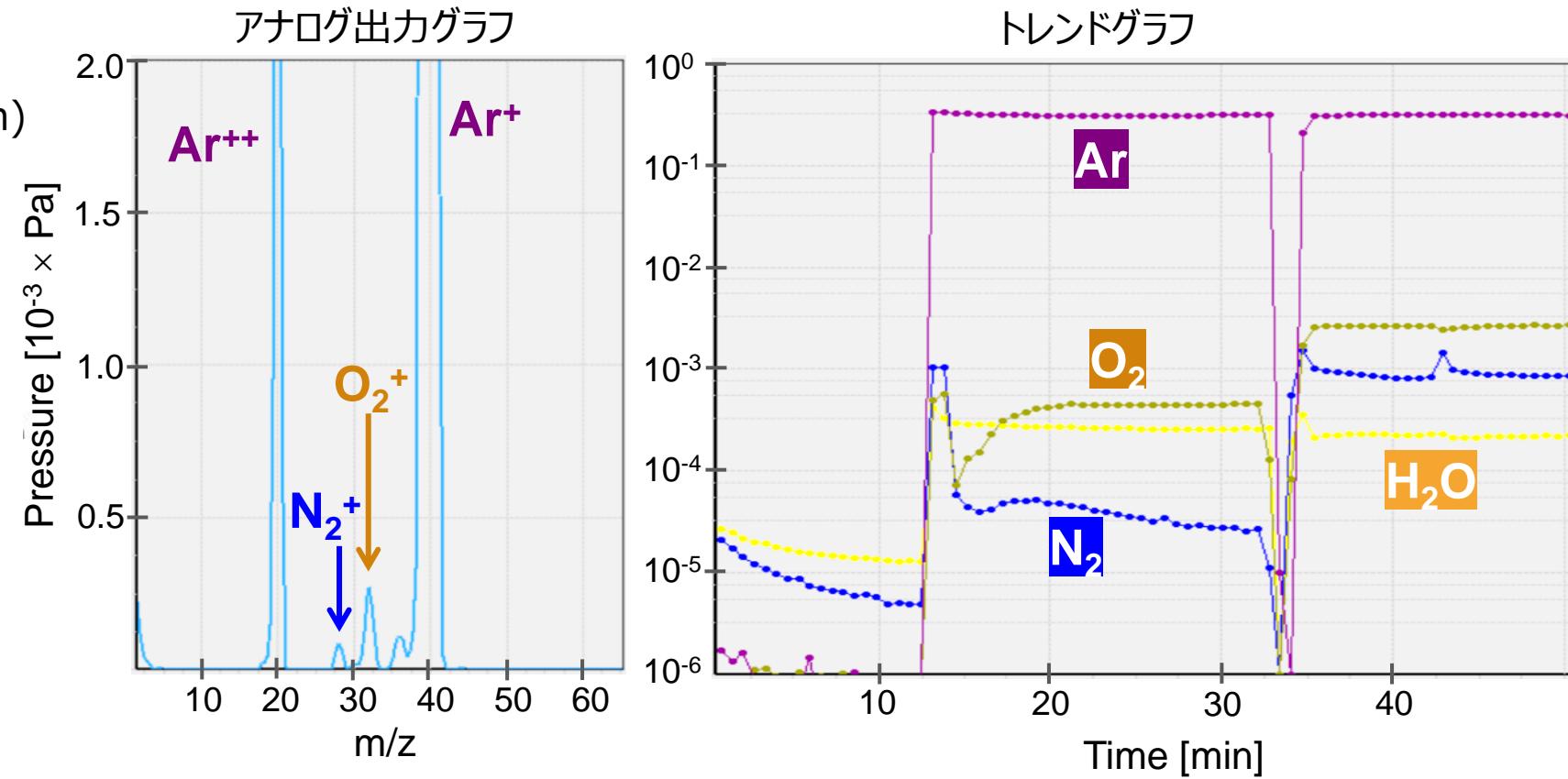
Process condition

Time: > 1 hour (film length > 1km)
Process Pressure: 0.1 ~ 0.5 Pa
Base: Pressure: $10^{-4} \sim 10^{-5}$ Pa



R2R Sputtering process

差動排気無しで中真空領域でも直接取り付けて測定可能なRGAを目指して開発



- ①ベースライン圧力計測：リークチェック、メンテナンス後残留水分確認
- ②プロセス計測：プロセスガス分圧制御、ガス置換プロセスチェック
→用途に応じて測定データをご活用下さい

隔膜式真空計（キャパシタンスマノメータ/CDG）

全圧（圧力閾値）の正確な測定が可能で、原理上耐久性にも優れる



VG-200



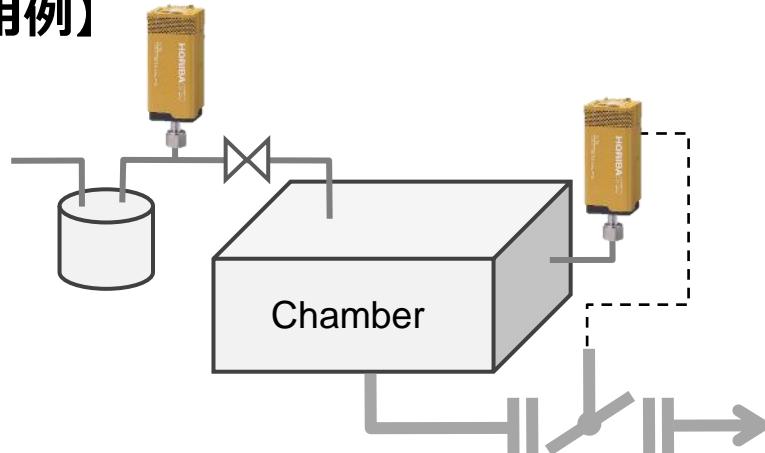
VG-500 (高温タイプ)



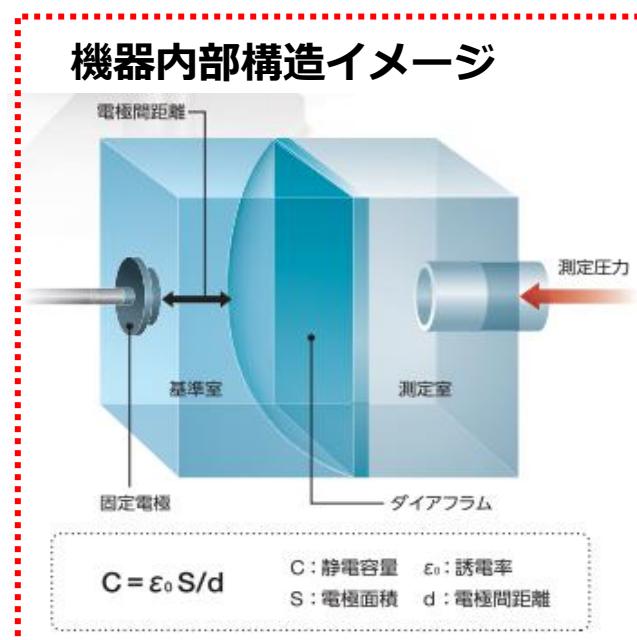
VG-200S (隔膜材質SUS316L、非温調タイプ有り)

- Allメタル構造、自己温調型、任意温度設定可能

【使用例】



- 材料ガスライン、チャンバーの圧力管理



・ 堀場エステックの特長

- ✓ 1/10/100/1000Torr の4種類のフルスケールレンジをラインナップ
- ✓ 競合メーカーとの置き換えを意識したピニアサイン配置 (D-sub15ピン)
- ✓ VG-500は材料特性に合わせて細かな温度調整が可能
- ✓ VG-200Sはダイヤフラム材質SUS316Lでグローバルなニーズにも対応

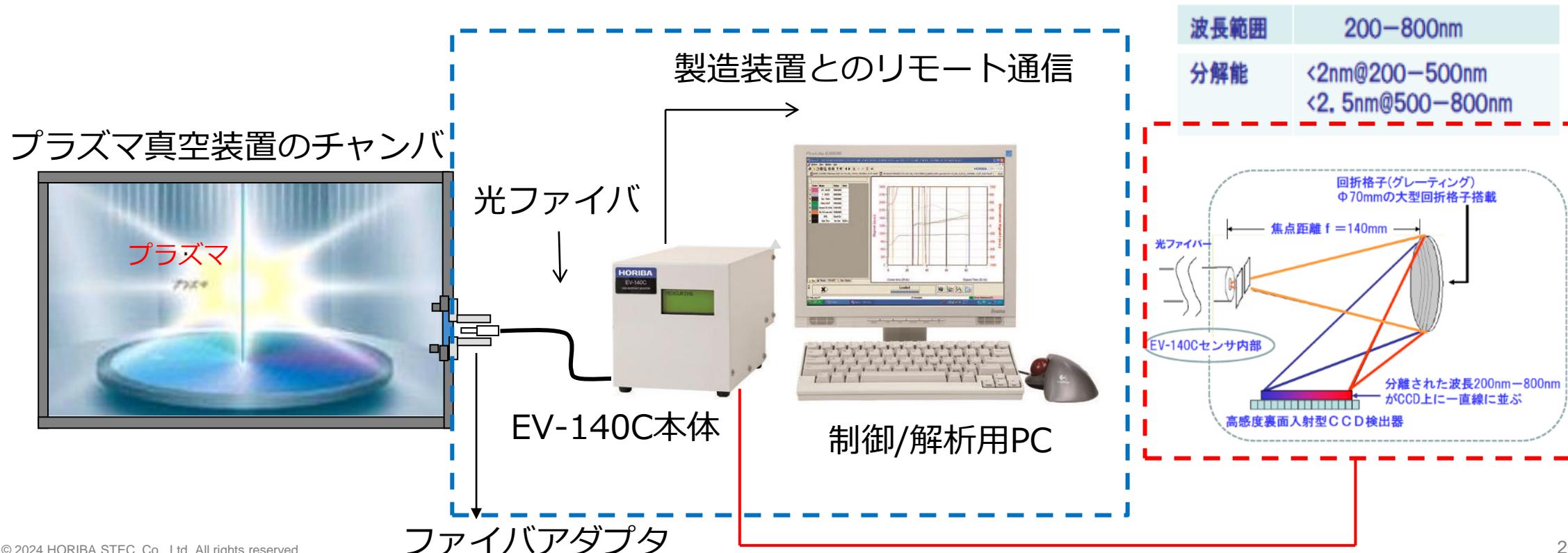
“発光”をはかる

～プラズマ発光モニタ/プラズマエミッションコントローラ～



プラズマ発光モニタ EV-140Cとは

プラズマを利用した加工装置のプラズマ発光状態を**外部から非接触で測定**し、プロセスの歩留まり向上・改善・異常解析等を行う装置です。

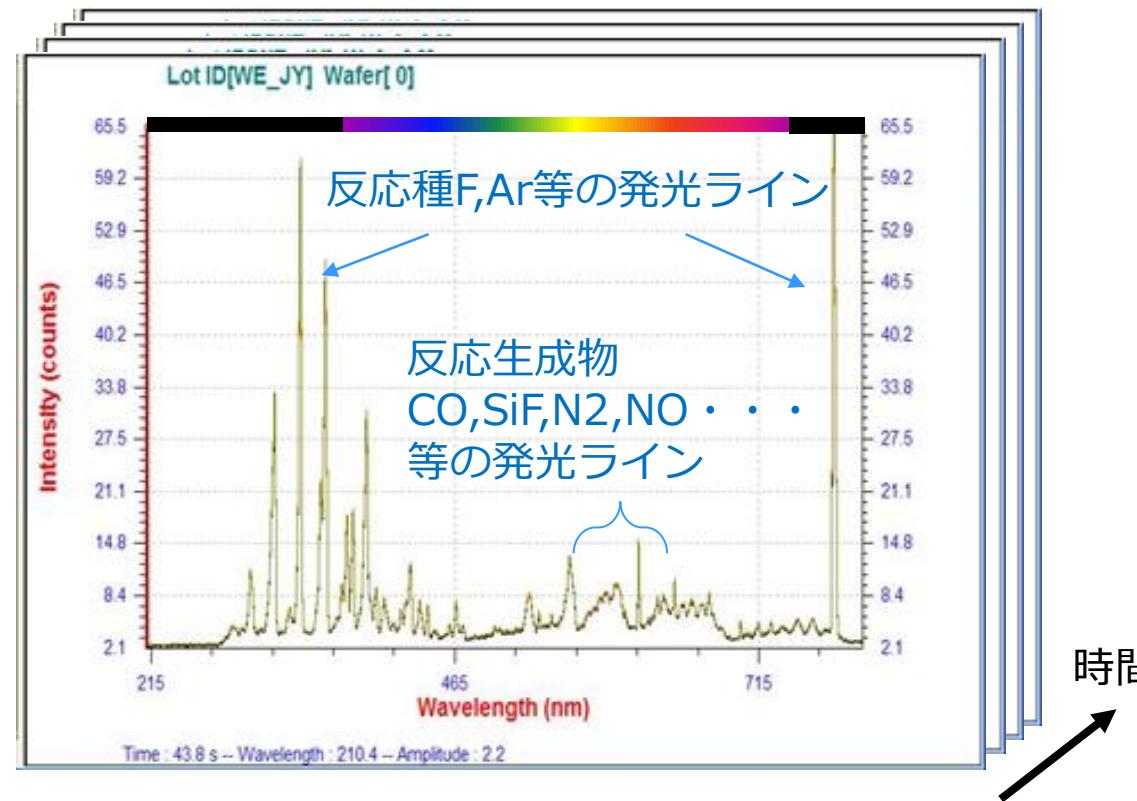


プラズマエッチング装置のエンドポイント検出

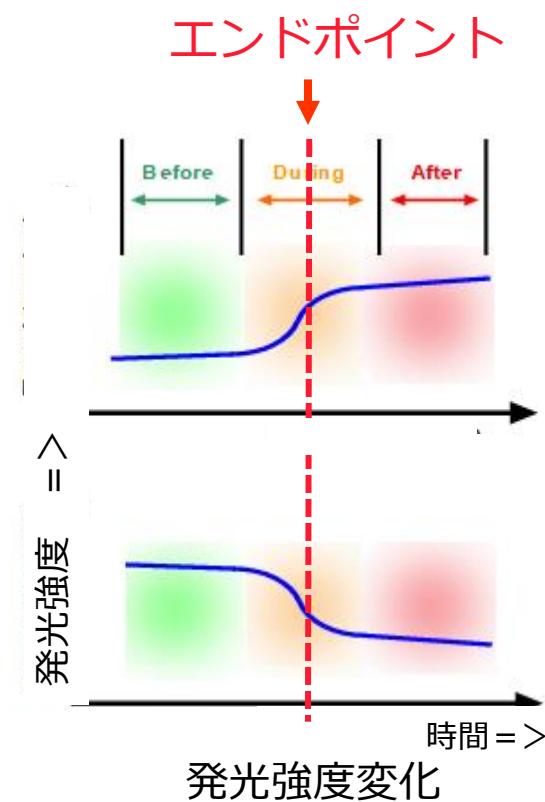
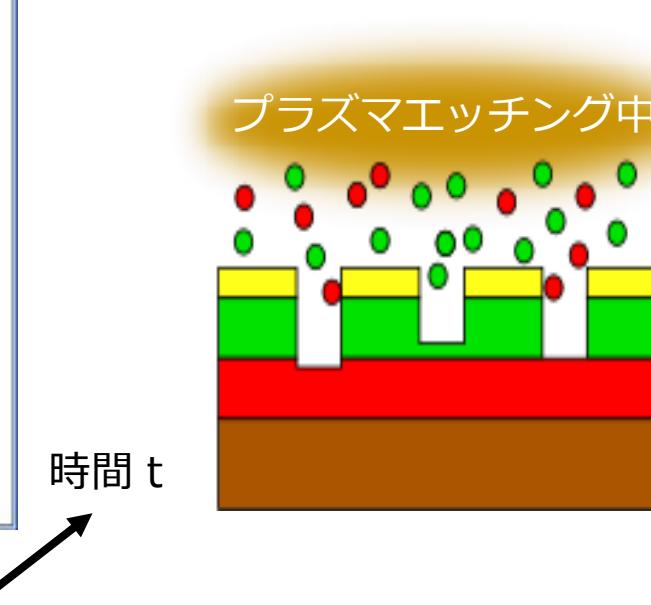


多層膜のエッチングに対して発光の変化により、エンドポイントの検出が可能です。

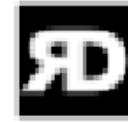
プラズマの発光には反応種、反応生成物の発光があり、それぞれ逆の挙動をする。



下の膜が現れたらすぐにエッチングを終了したい

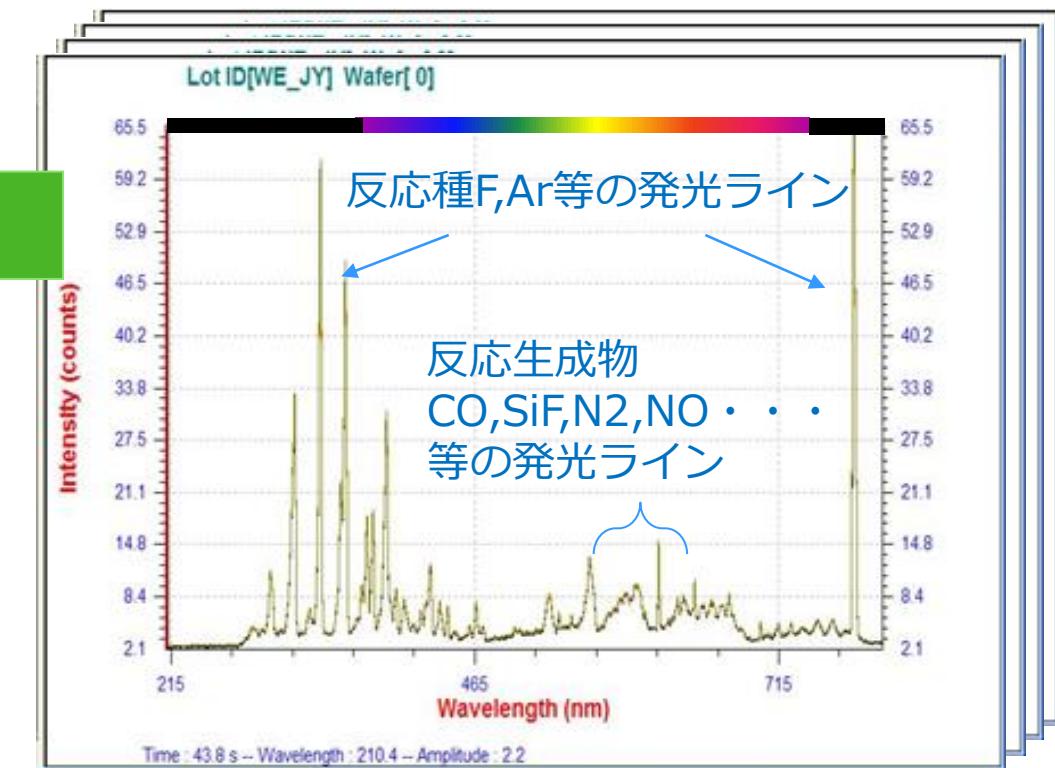
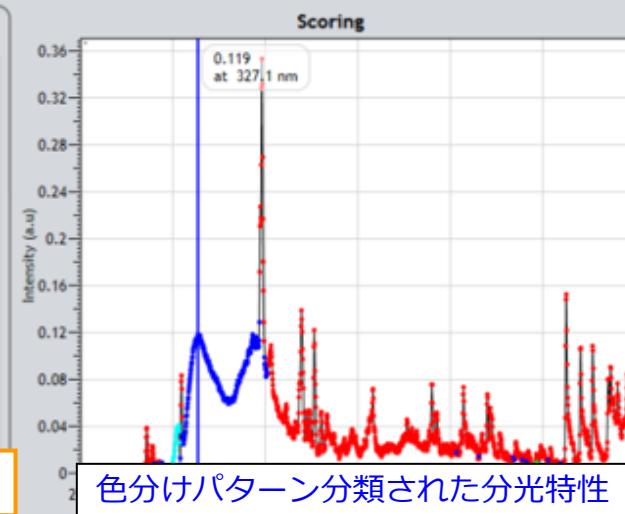
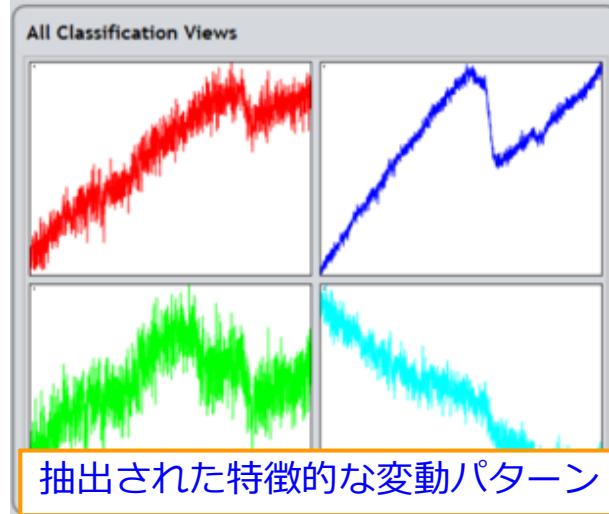


特長：レシピ作成ソフト“Recipe Designer”



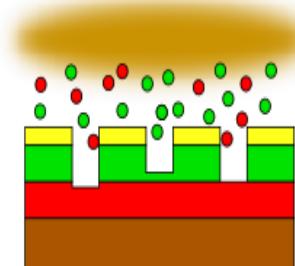
データ解析>エンドポイントシミュレーション>

最適なラブチャEPDレシピをグラフィカルなイメージ上で作成できます。



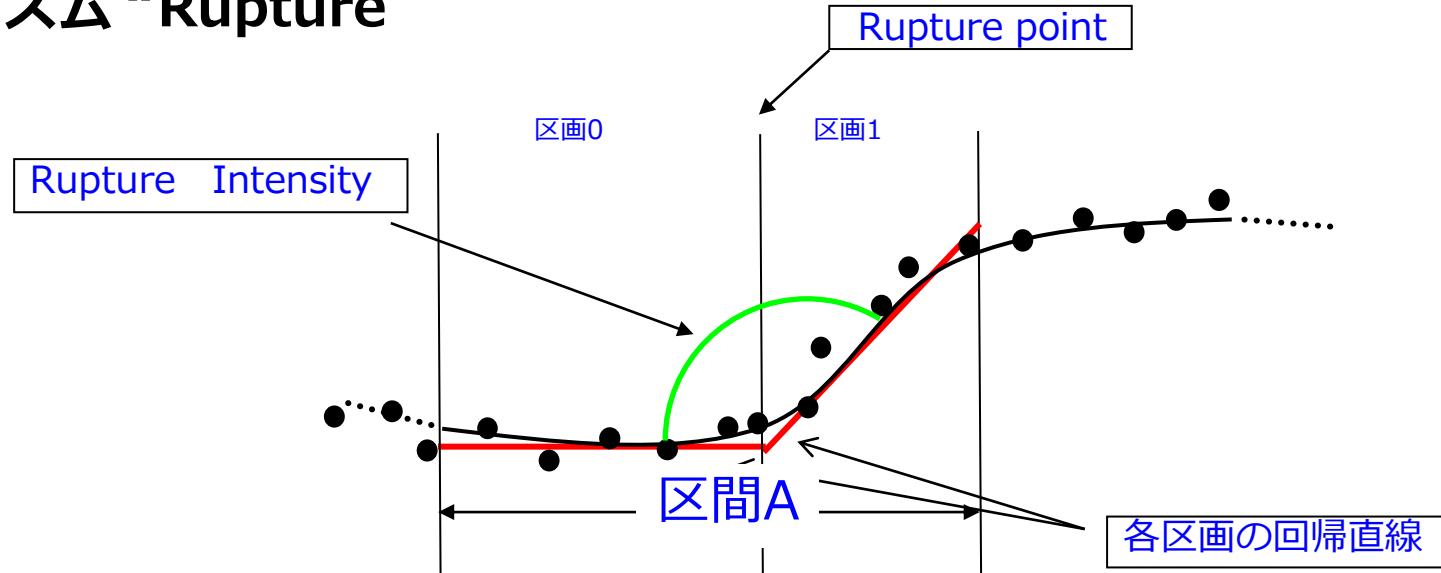
データ取り

多彩な演算機能を持っており、
エッチングの終点検知だけでなく
取得データを解析することで
コンディション管理や異常検知への発展も可能



特長：独自アルゴリズム“Rupture Intensity”

新開発アルゴリズム “Rupture Intensity”



Rupture intensity :

区間はリアルタイムに移動しながら分析

- ・ 設定した区間Aのなかで常に最適な2直線を探し出します。
- ・ 大きなノイズ上においても 折れ曲がり点は固定されます。
- ・ 折れ曲がりの角度と連続性を数値化したものをRupture intensityとします

メリット

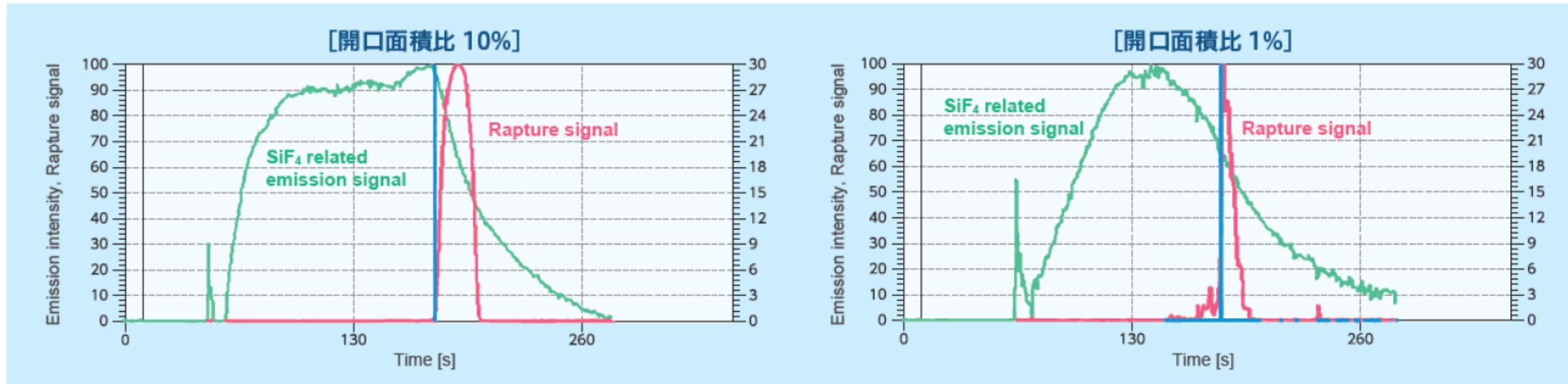
- ・ 常に直線で規格化するためノイズに影響されにくい
- ・ 一般的に行なわれる微分化、フィルターによる時間遅れの影響が無い
- ・ 低開口プロセスなど、発光変化が非常に少ない場合 において効果的な解析可能

特長：Raptureアルゴリズムによる終端検出例

コンタクトホール等、低開口率のエッチングプロセスにおいても、終点検出が可能

開口率 = 10%

開口率 = 1%



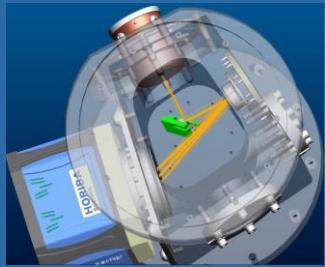
- ✓ ノイズに影響されにくい。発光変化が小さい場合でも効果的な解析が可能
- ✓ 常に直線で規格化するためノイズに影響されにくい
- ✓ 一般的に行なわれる微分化、フィルターによる時間遅れの影響が無い

プログラマブルなレシピ構造により、コンディション管理・異常検知への展開が可能

HORIBAのプラズマ計測用 分光器 ラインナップ

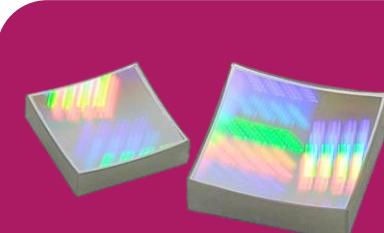
高い技術と豊富なラインナップで、最適な分光器をご提案します

HORIBAが誇るコア技術



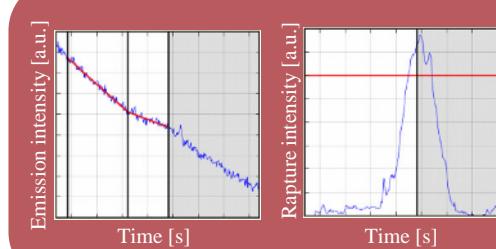
光学設計

顧客用途に合わせた最適な光学設計



グレーティング

創業200年の老舗が手掛ける高性能グレーティング



アルゴリズム

高度なアルゴリズムで、簡単に最適エンドポイントトレシピを作成



超小型

約5cm四方サイズ



可視近赤外

波長範囲 200 - 1000nm
波長分解能 1nm



マルチチャンネル

高空間分解能
最大16チャンネル同時測定



高速サンプリング

低開口プロセス <1%
高速サンプリング 1msec



高分解能

紫外・可視・近赤外
高波長分解能 0.01nm



真空紫外

波長範囲 115 – 320nm

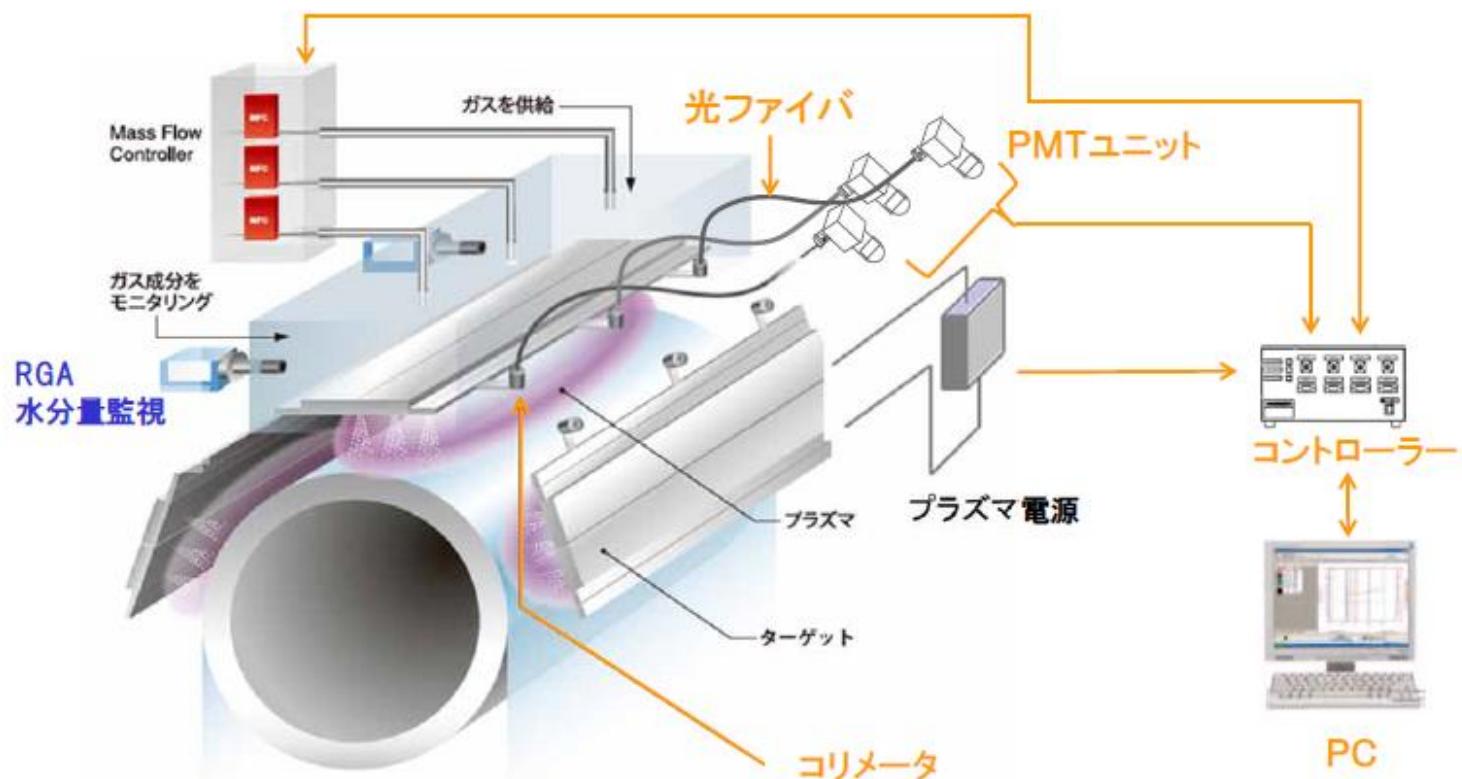
プラズマエミッションコントローラ

機能性フィルム・ガラス製造プロセスなどのチャンバ内の
プラズマ発光状態を最適な状態に制御する機器

※物理的、化学的反応を起こさせるために密封した反応容器

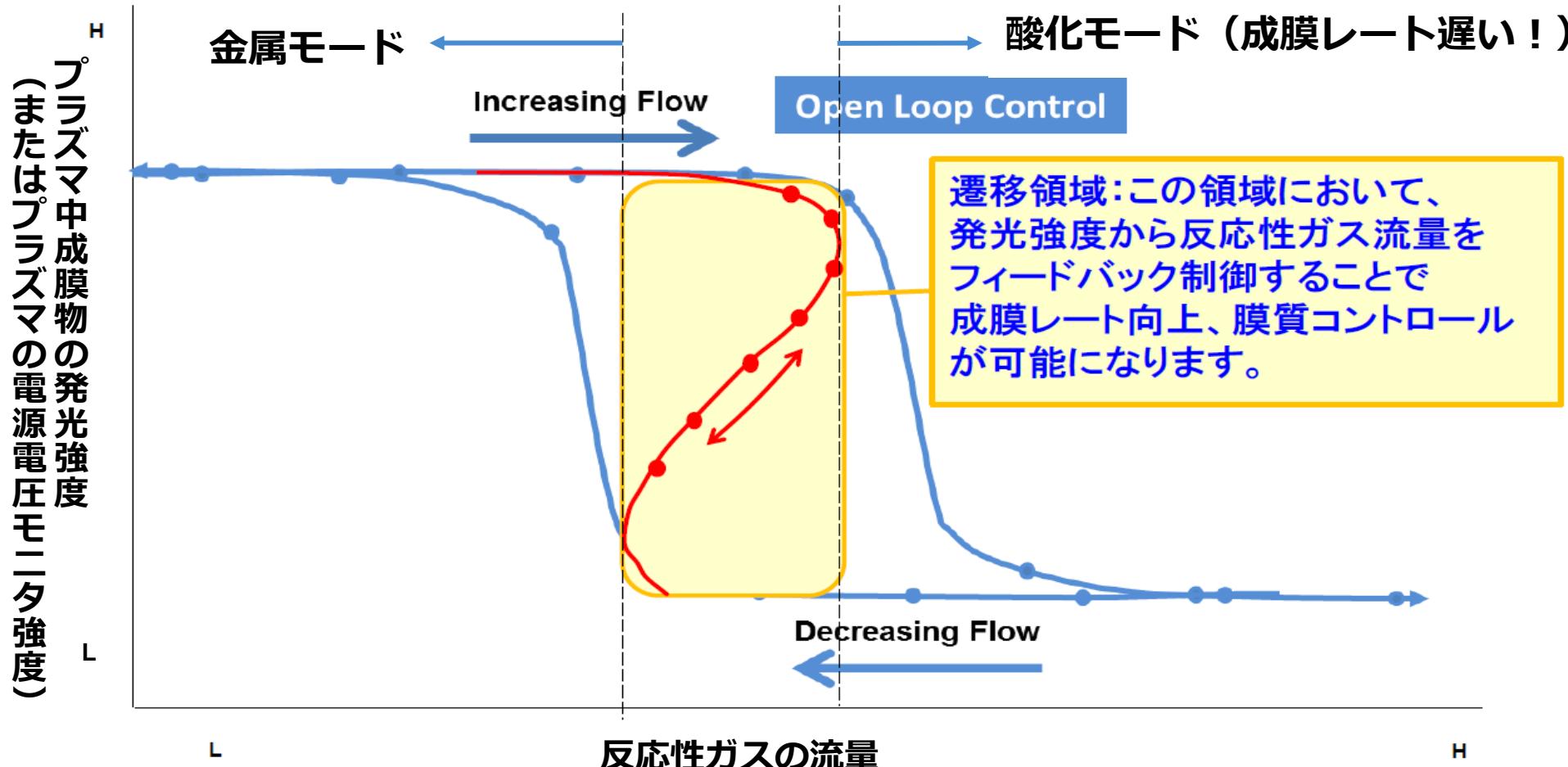
RU-1000

プラズマ発光強度をセンサーで捉え、マスフローコントローラに適切な反応性ガス流量の指示を行い、成膜速度の向上させます。



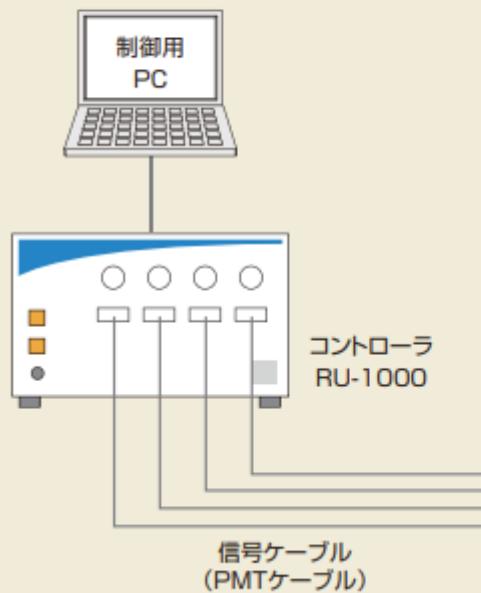
コントロールを行うメリット

反応性スパッタの成膜のキーポイント “遷移領域” でのコントロールを実現



接続イメージ

装置仕様により
フレキシブルな設置対応

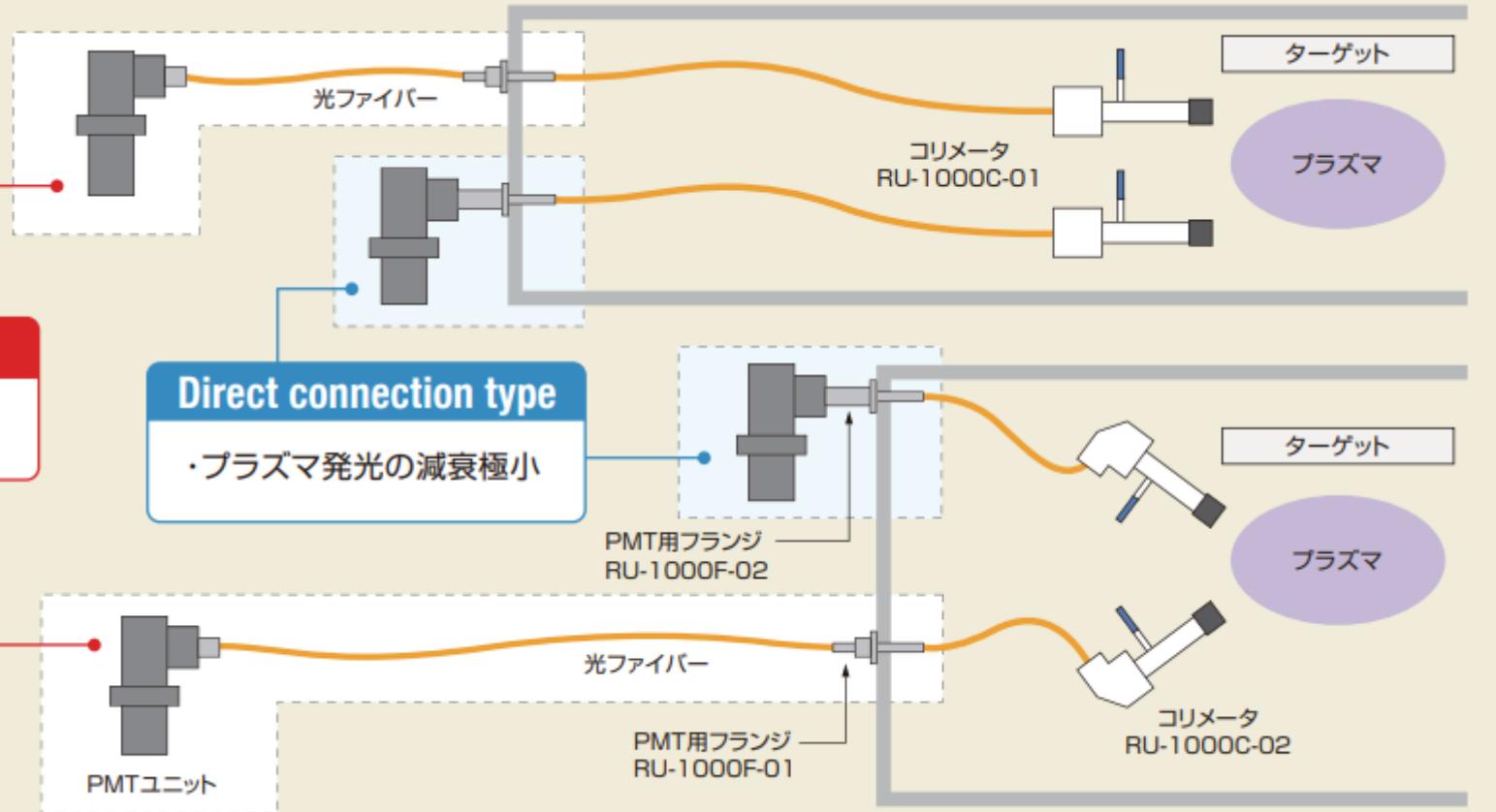


Normal type

- ・フレキシブルな設置

Direct connection type

- ・プラズマ発光の減衰極小



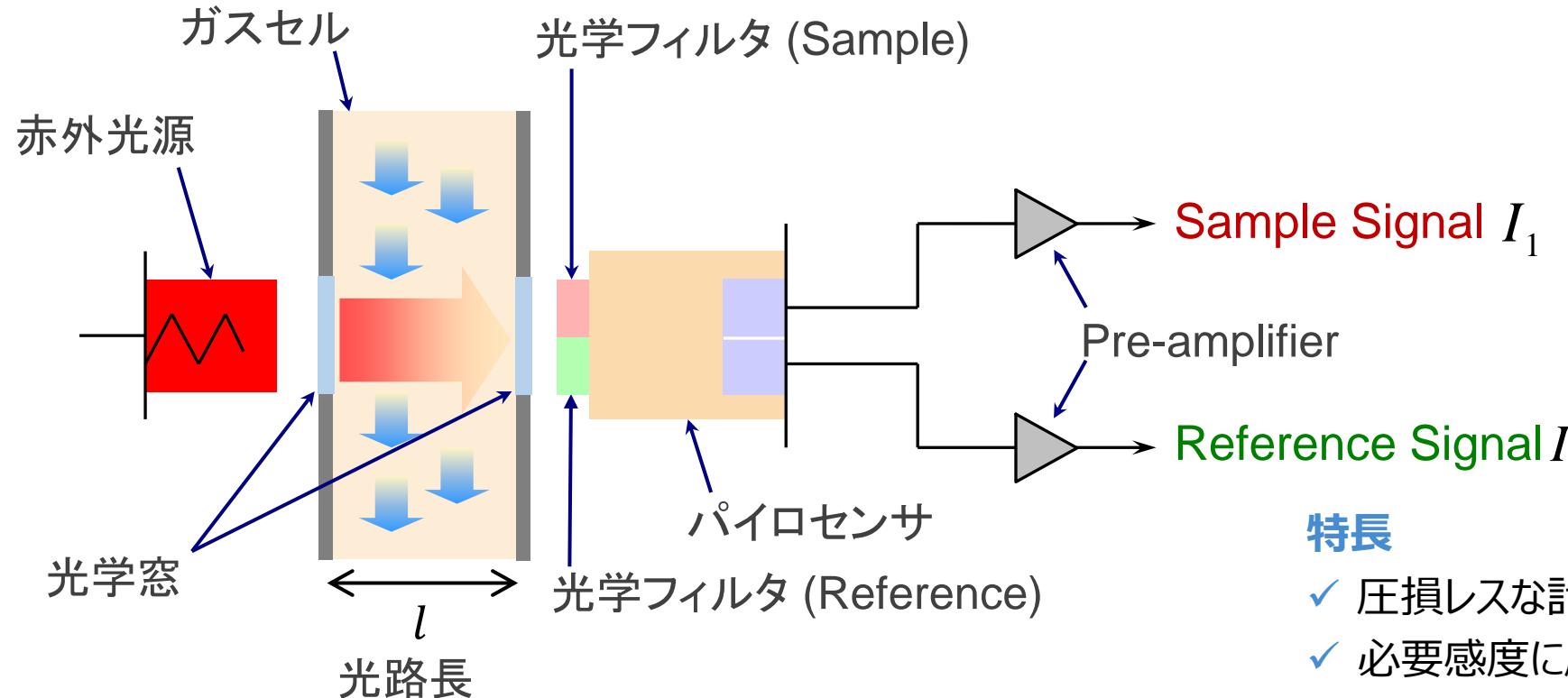
“濃度”をはかる

～NDIR方式ガスモニタ～



NDIR(非分散赤外吸収法)法の原理

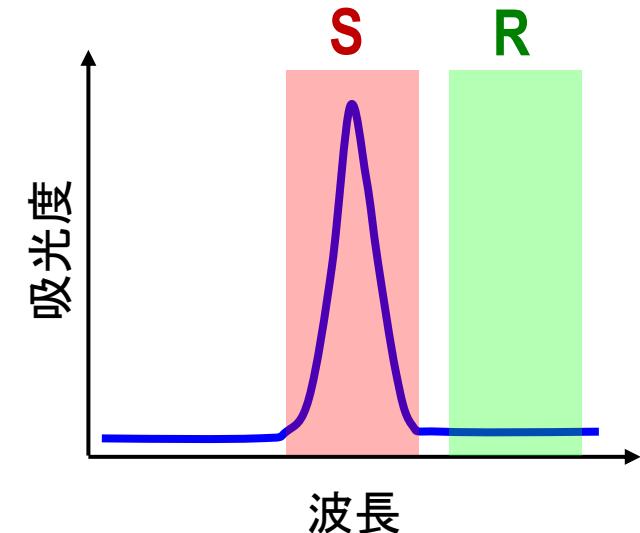
サンプル信号と参照信号を比較する事で、光源強度に依存しない計測が可能



$$[\text{吸光度}] = \log\left(\frac{I_0}{I_1}\right) \propto l \times P_v \quad P_v: \text{分圧}$$

特長

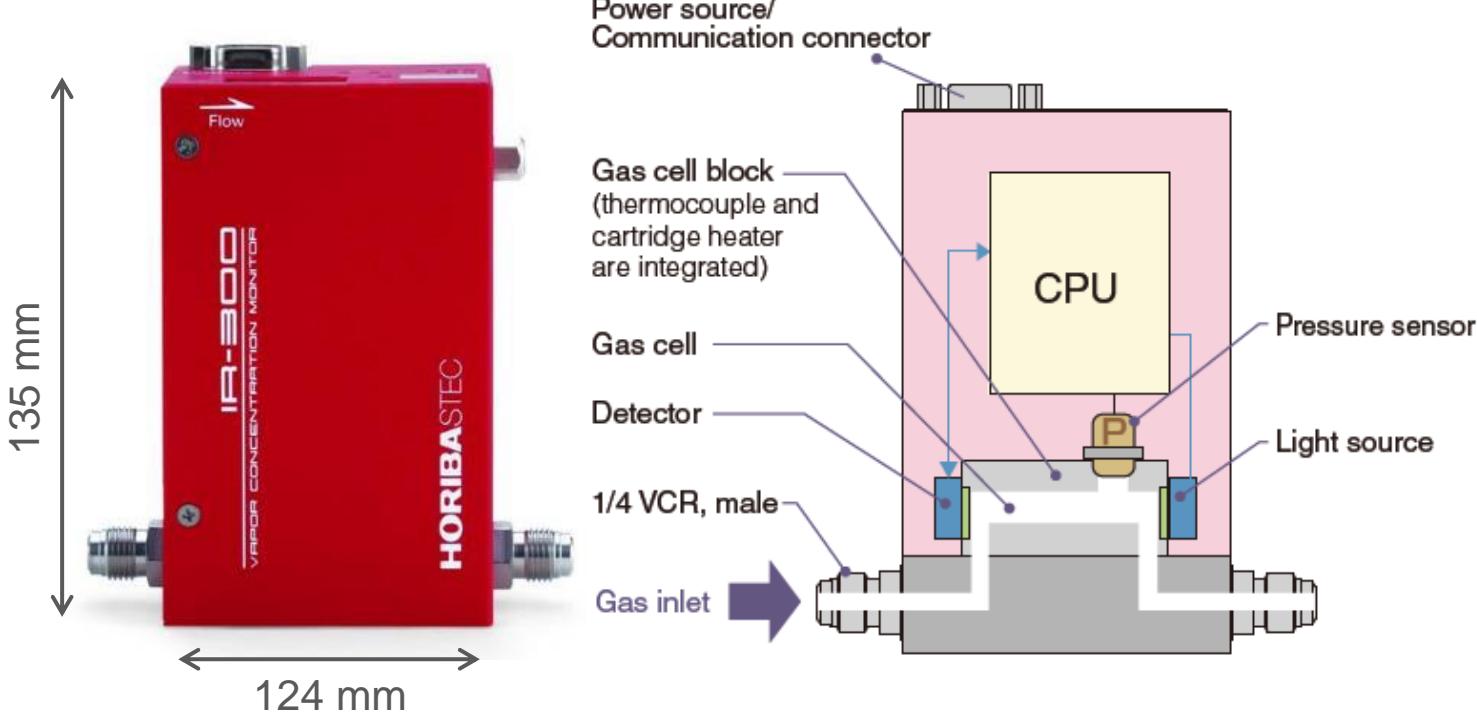
- ✓ 圧損レスな計測
- ✓ 必要感度に応じた光学長の選定
- ✓ 窓汚れを防ぐ加熱可能なセル機構



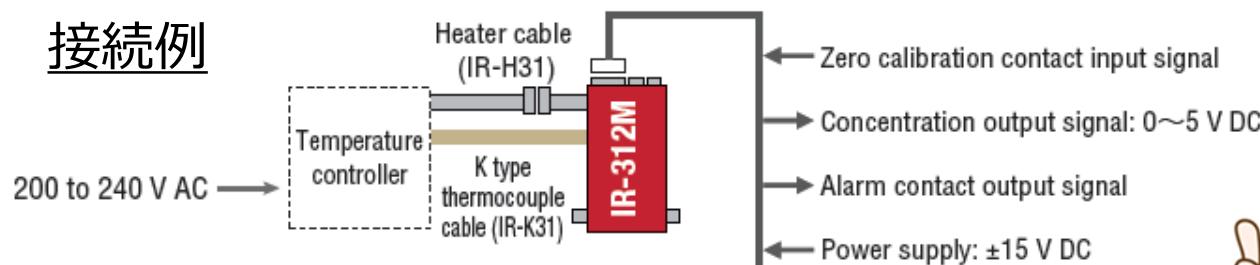
赤外吸収は計測するガス分圧と光路長の積に比例する
IR-400シリーズの場合、全圧を別の機器で計測する事で濃度に
変換可能 (IR-300シリーズは圧力センサーを内部搭載)



ガス濃度モニタ IR-300シリーズ



接続例



※ DeviceNet™ は Open DeviceNet™ Vendors Association, Inc の登録商標です。

特徴

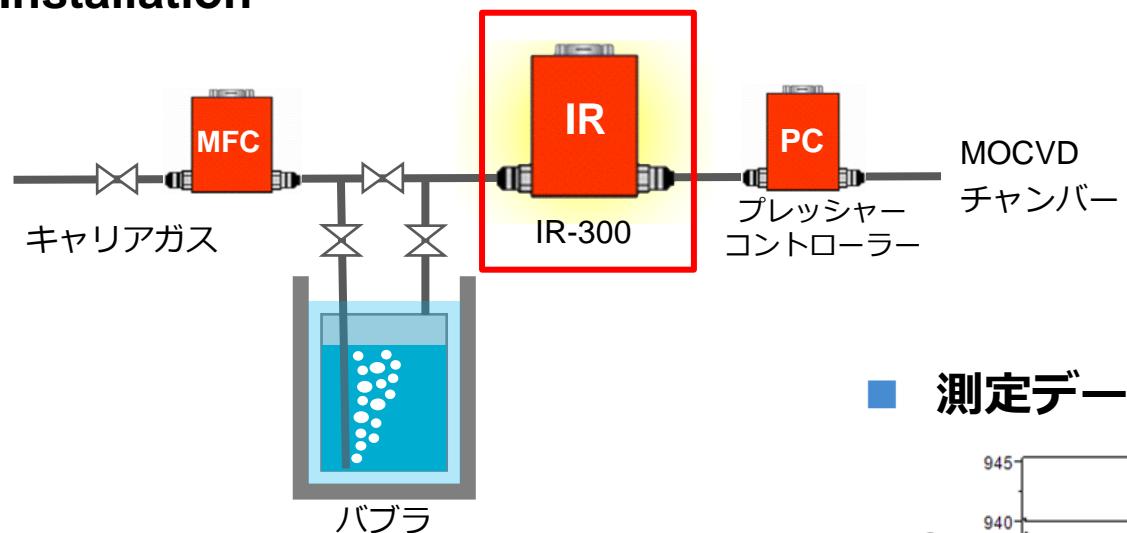
- ✓ コンパクトデザイン
- ✓ 低圧力損失
- ✓ 自己温調機能
- ✓ 圧力センサ内蔵
- ✓ マルチディスプレイ
- ✓ アナログ/デジタル通信・DeviceNet™通信対応



バーリング供給ラインに直接取り付けて
インライン測定が可能

ガス濃度モニタリングアプリケーション事例

■ Installation



【IR-300を使用するメリット】

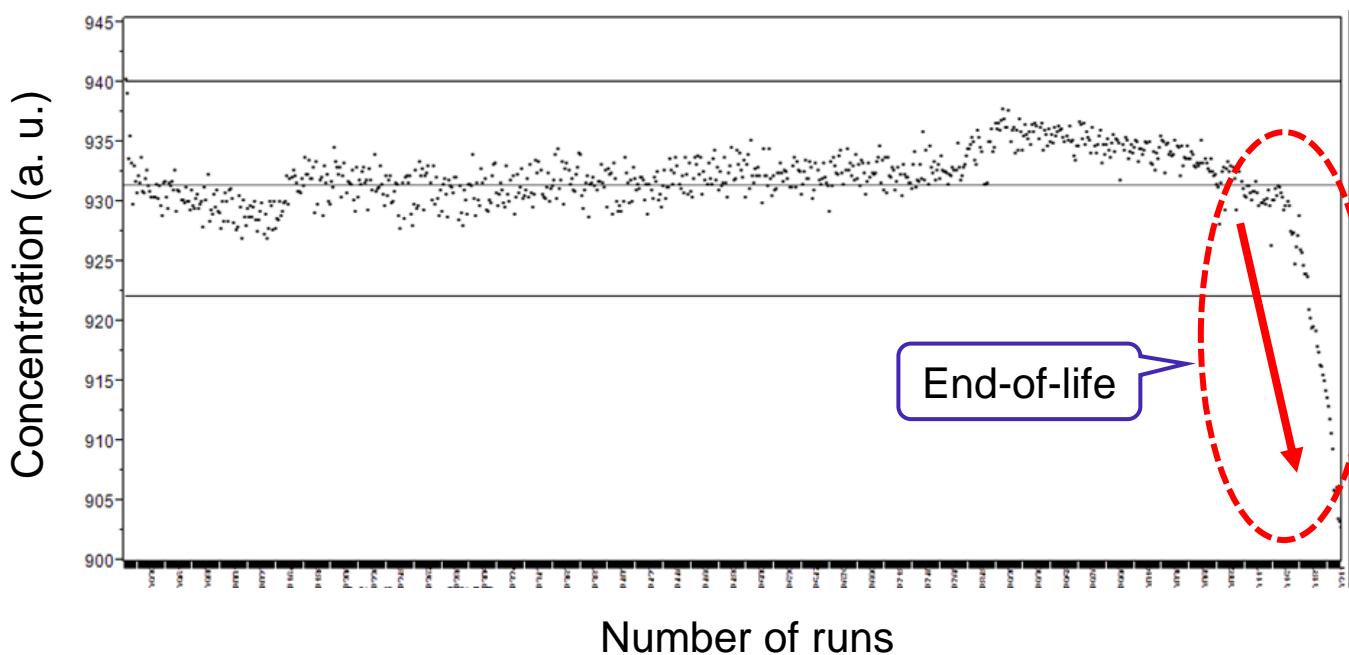
- ✓ プリカーサの安定性確認
- ✓ プリカーサ消費の管理
- ✓ プリカーサの終点検知

【対応ガス種】

TMGa / DEZn / TMIn / TMAI / B2H6 / IPA

*フルスケール濃度に関しては別途ご相談ください。

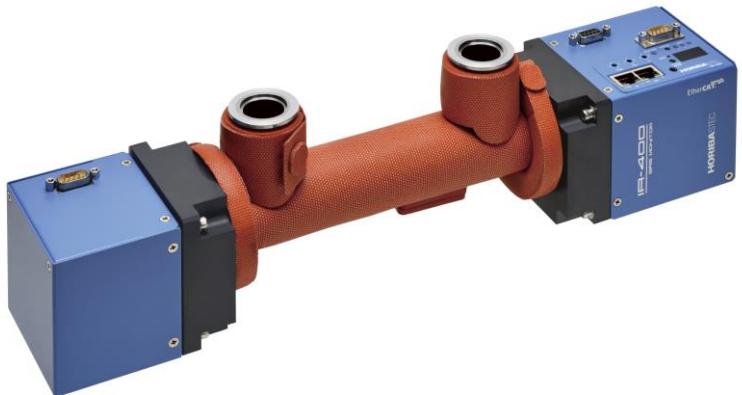
■ 測定データ



ガスモニタ IR-400シリーズ【吸光度（分圧）測定】



**IR-430
30mm cell**



**IR-420
200mm cell**

特徴

- ✓ マルチガスモニタリング
- ✓ 高感度
- ✓ 高速応答
- ✓ ガスセル加熱機能付き
- ✓ 外部コントローラ無し
- ✓ マルチディスプレイ
- ✓ アナログ/デジタル/EtherCAT®通信

※ EtherCAT®は、ドイツBeckhoff Automation GmbHによりライセンスされた特許取得済み技術であり登録商標です。

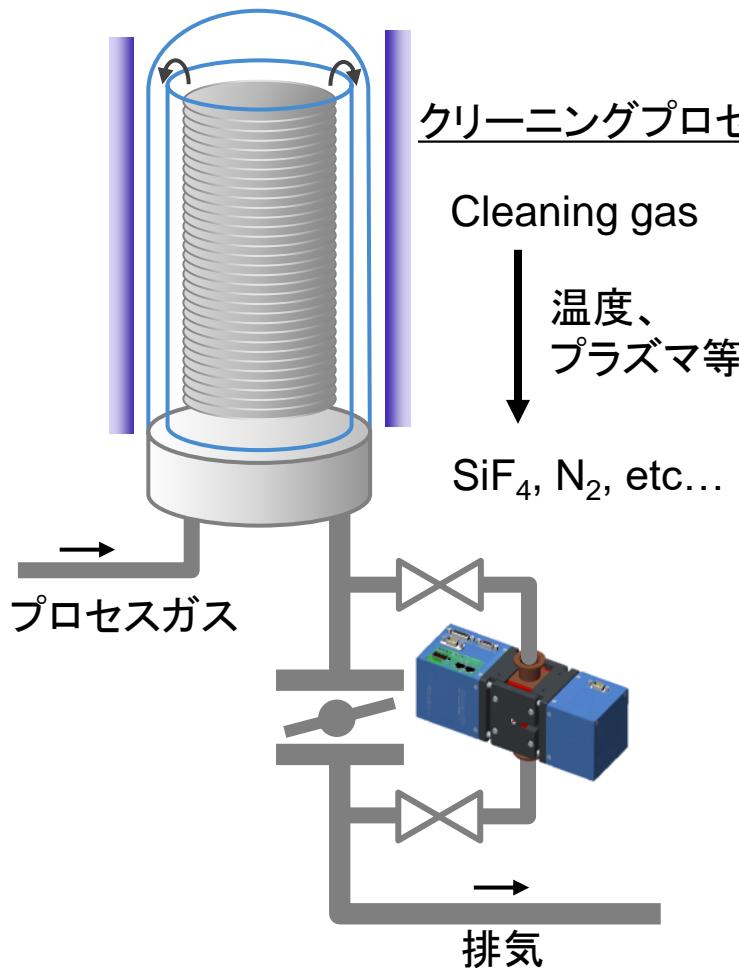


セル温調機能なども持つことからプロセスラインに直接取り付けてインライン測定が可能

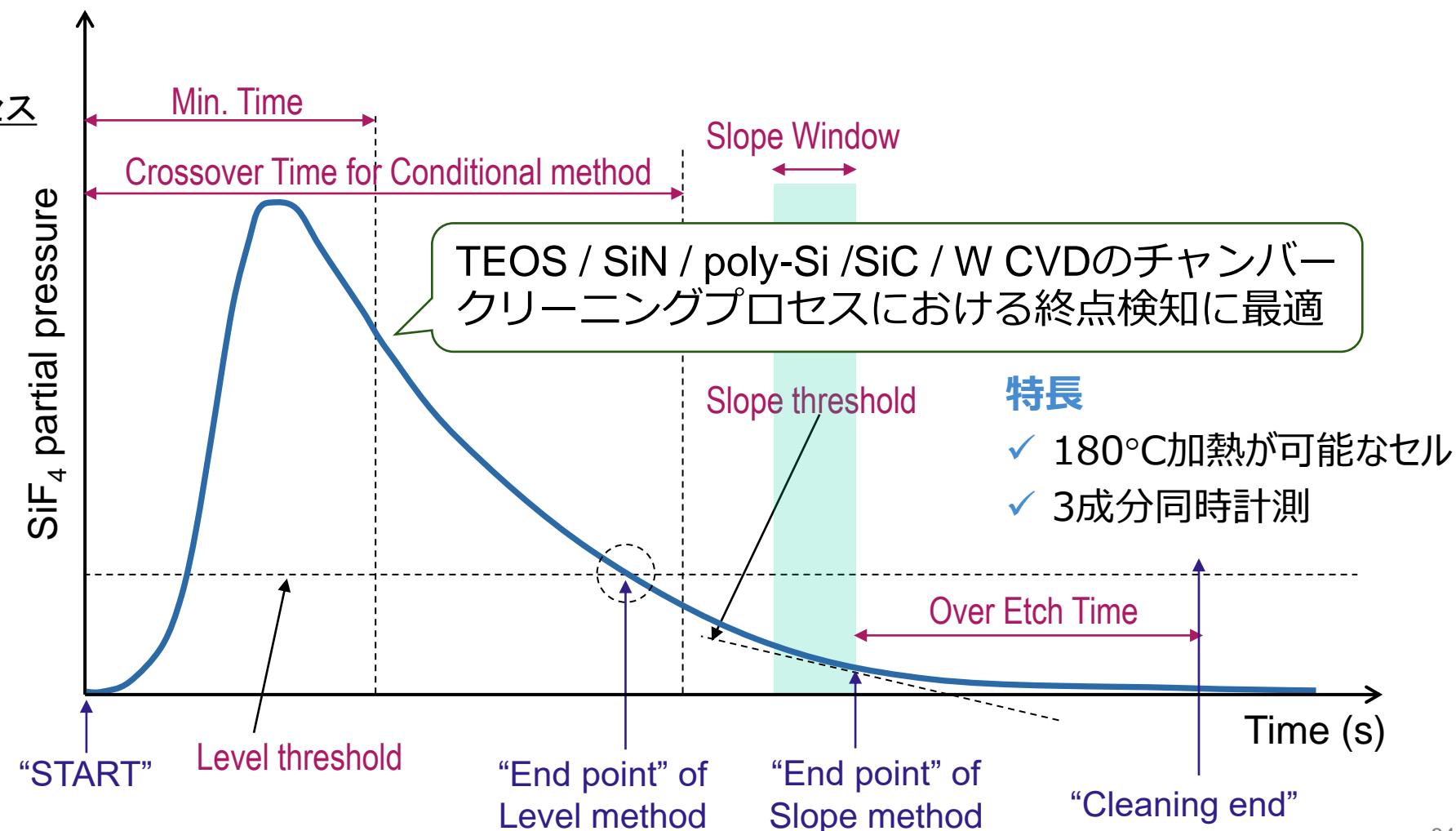
アプリケーション事例

チャンバークリーニング時間、温暖化ガス使用量の最適化にNDIR法を利用

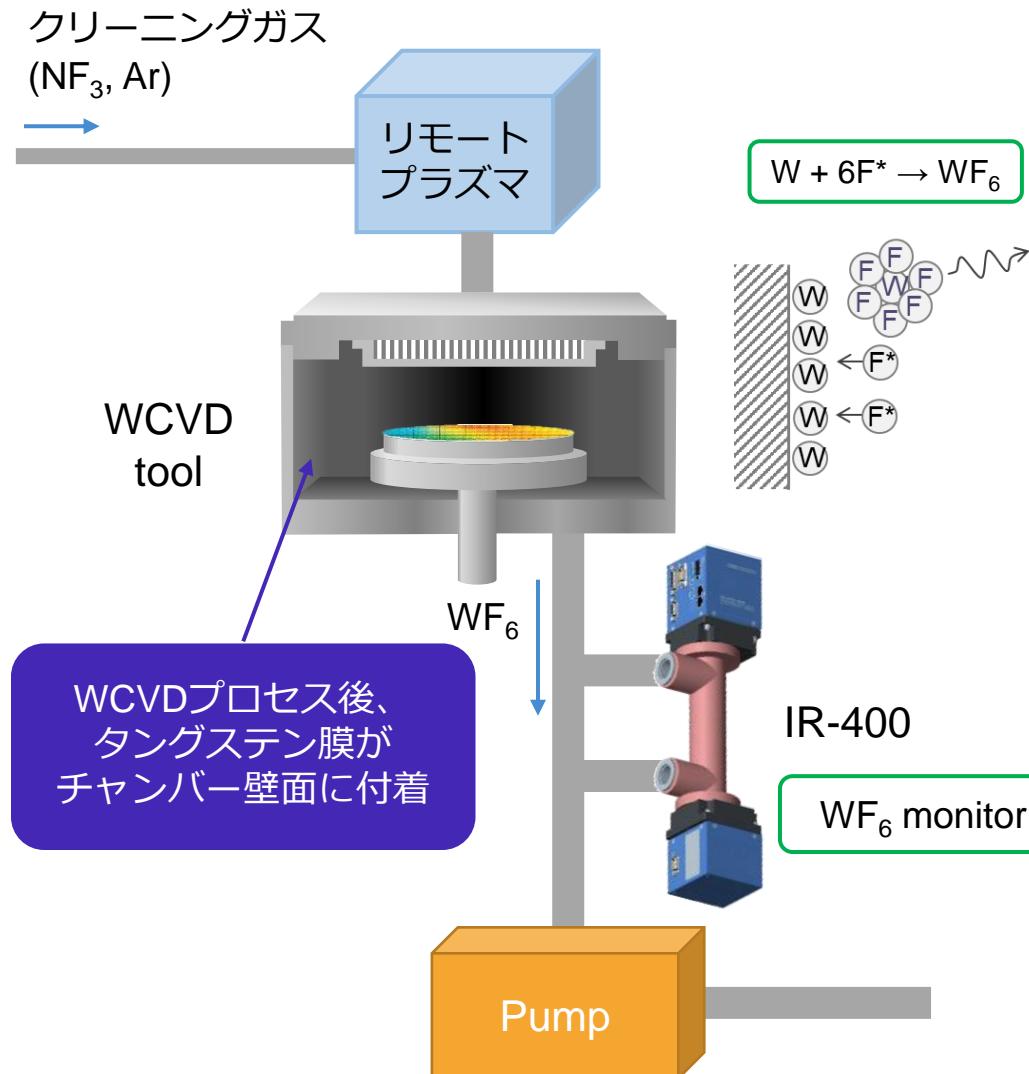
例) LPCVD装置



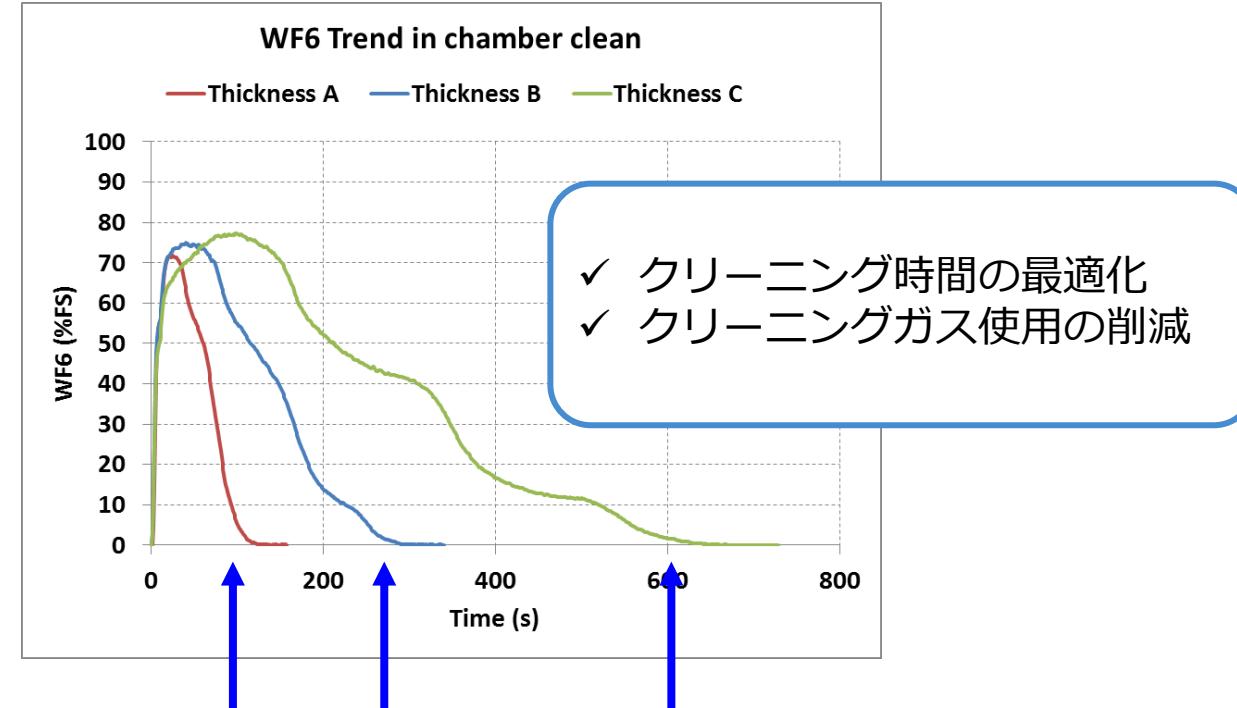
クリーニングプロセス例



アプリケーション事例



■ クーリーニングプロセスデータ



クーリーニングプロセスの終点検知は、
チャンバー壁面の汚れの厚さに依存。

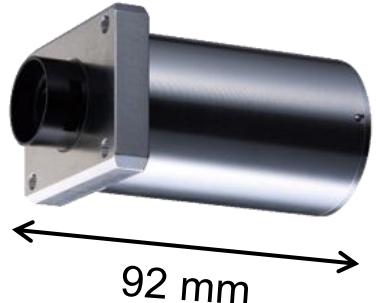
“温度”をはかる

～放射温度計～



放射温度計 IT-270シリーズ

内蔵のセンサと光学フィルタを使った業界最高水準*の高精度、高再現性を実現



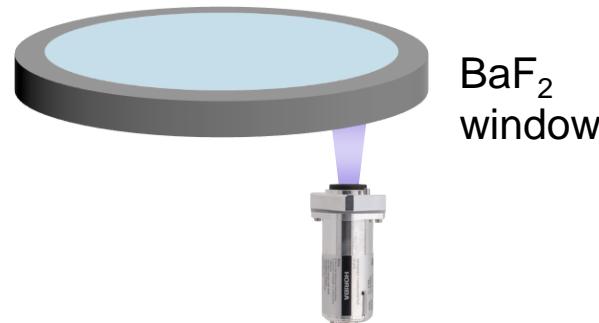
体積比1/4以下



IT-470F-H

IT-270

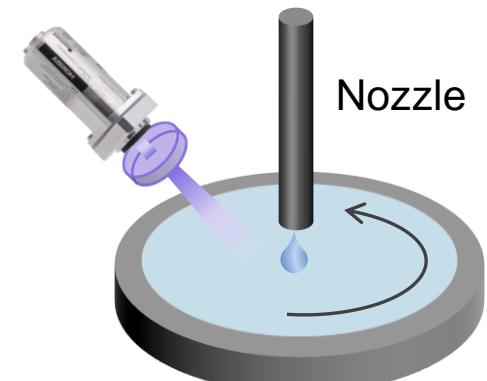
・ ウェハセプターの温度計測



■ 特長

- ✓ 業界最高水準の高精度、高再現性*
- ✓ 高精度内蔵センサ、内蔵光学フィルタ
- ✓ 測定温度・波長選択・視野特性のカスタマイズ可
- ✓ CE! (コピーイグザクトリ) 対応

・ スピンコート薬液の温度計測



*2024年9月現在 当社調べ

Summary

Omoshiro-okashiku
Joy and Fun



Danke

Tack ska du ha
Grazie

Gracias

Σας ευχαριστώ πάρα πολύ

Gracias

THANK YOU

ขอบคุณครับ

ありがとうございました

Obrigado

Dziękuję

ନୁହାର୍ତ୍ତ

Terima kasih
謝謝

ધ્નયવાદ

শুক্রা

Большое спасибо

Cảm ơn

Merci

감사합니다